



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 197 49 817 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**F 02 D 41/00**

(21) Aktenzeichen: 197 49 817.5  
(22) Anmeldetag: 11. 11. 97  
(43) Offenlegungstag: 12. 5. 99

**DE 197 49 817 A 1**

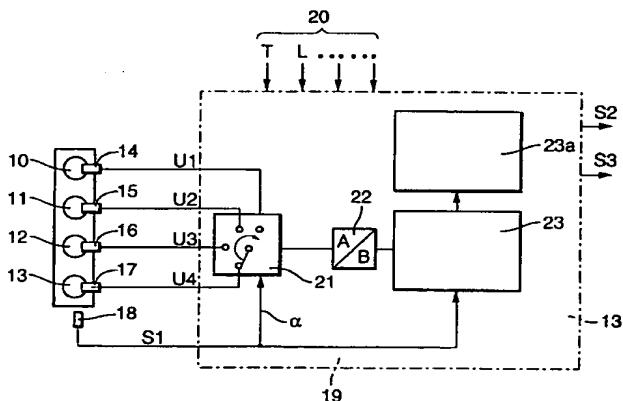
(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Kuesell, Matthias, Dr., 70806 Kornwestheim, DE;  
Boehm, Dirk-Rene, 71691 Freiberg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage

(57) Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei der der Zylinderdruck in wenigstens einem Zylinder mit Hilfe eines Zylinderdrucksensors ermittelt wird. Die Auswertung erfolgt im Steuergerät der Brennkraftmaschine, dem auch Informationen über den Kurbelwellenwinkel zugeführt werden. Im Mikroprozessor des Steuergerätes wird der gemessene Verlauf des Brennraumdrucks über dem Kurbelwellenwinkel mit einem berechneten Druckverlauf verglichen, wobei die Berechnung für eine polytrope Zustandsänderung erfolgt. Aus der Differenz zwischen dem gemessenen Druckverlauf und dem berechneten wird der Spritzbeginn und die Verbrennungslage ermittelt.



**DE 197 49 817 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung bzw. von einem Verfahren zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Zylinderdrucksensor nach der Gattung des Hauptanspruchs.

## Stand der Technik

Es ist bekannt, den Verlauf des Brennraumdrucks in wenigstens einem Zylinder einer Brennkraftmaschine mit Hilfe geeigneter Drucksensoren zu ermitteln und aus dem Druckverlauf in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel bestimmte Betriebszustände der Brennkraftmaschine zu erkennen und daraus Ansteuersignale zur Steuerung der Brennkraftmaschine zu gewinnen. Üblicherweise ist dabei jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Brennraumdrucksensor zugeordnet, zusätzlich wird ein Kurbelwellenwinkelsensor eingesetzt, der ein Ausgangssignal liefert, das repräsentativ ist für die Kurbelwellenstellung. Beide Signale werden gemeinsam vom Steuergerät der Brennkraftmaschine ausgewertet. Eine solche Vorrichtung bzw. ein zugehöriges Verfahren zur Auswertung der Ausgangssignale von Brennraumdrucksensoren ist in Verbindung mit einer Zündungsregelung, beispielsweise aus der DE OS 43 41 796 bekannt. Bei dieser bekannten Vorrichtung bzw. dem zugehörigen Verfahren wird aus dem Brennraumdruck in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel die Verbrennungslage in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ermittelt, wobei der gemessene Brennraumdruckverlauf verglichen wird mit einem gespiegelten Druckverlauf. Dieser gespiegelte Druckverlauf wird erhalten, indem der zwischen 0°KW und dem oberen Totpunkt OT gemessene Druckverlauf zwischen OT und 360° symmetrisch fortgesetzt wird. Ein solcher Druckverlauf würde auftreten, wenn die Verhältnisse im Zylinder vollkommen symmetrisch wären und keine Verbrennung stattfinden würde.

Die Berücksichtigung des gespiegelten Druckverlaufs kann unter realen Bedingungen zu Ungenauigkeiten führen, es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Möglichkeit zu geben, den gemessenen Brennraumdruckverlauf mit einem eindeutig reproduzierbaren Druckverlauf zu vergleichen, um aus diesem Vergleich den Spritzbeginn, also den Beginn der Einspritzung in den Zylinder zu erkennen oder um die exakte Verbrennungslage zu ermitteln.

## Vorteile der Erfindung

Die erfundungsgemäße Vorrichtung und das erfundungsgemäße Verfahren zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Zylinderdrucksensor hat den Vorteil, daß eine besonders sichere und zuverlässige Signalauswertung möglich ist. Durch die besonders genaue Auswertemöglichkeit läßt sich sowohl der Spritzbeginn als auch die Verbrennungslage genau bestimmen, wodurch in vorteilhafter Weise die für die Regelung der Brennkraftmaschine benötigten Ansteuersignale besonders exakt gebildet werden können.

Erzielt werden diese Vorteile indem bei einer Vorrichtung und einem Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 der Druckverlauf in einem vorgebbaren Kurbelwellenwinkelintervall mit wenigstens einem unter Berücksichtigung von thermodynamischen Zusammenhängen berechneten und abgespeicherten Druckverlauf verglichen wird und aus dem Vergleichsergebnis der Spritzbeginn oder die Verbrennungslage dann erkannt wird, wenn das Vergleichsergebnis einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet.

Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt. Einer dieser weiteren Vorteile besteht darin, daß durch Aufintegration der Differenzwerte und Vergleich des erhaltenen Integrals mit einem anderen, ebenfalls vorgebbaren Schwellwert eine verbesserte Störsicherheit erhalten wird, da kurze Störimpulse durch die Integration in ihrer Wirkungsweise gedämpft werden. Aus der erkannten Lage des Spritzbeginns läßt sich eine Bedingung ableiten, die in vorteilhafter Weise als Nullpunkt definiert werden kann.

Die erfundungsgemäße Vorrichtung und das erfundungsgemäße Verfahren werden in vorteilhafter Weise bei einem Dieselmotor eingesetzt. Vorteilhafterweise wird dabei der Spritzbeginn nicht mehr auf eine Soll-Lage des Spritzbeginns geregelt, sondern auf eine Lage der Verbrennung. Die Verbrennungslage wird dann aus dem Aufintegrieren aller Differenzen der beiden Druckverläufe in einem bestimmten Intervall oder über den gesamten Verbrennungszyklus erhalten. Aus diesem Integral kann die Verbrennungslage beispielsweise bei einem 50%-Integral festgelegt werden, wobei diese Lage dann als Istgröße einer Verbrennungslage genutzt wird und gleichzeitig als Stellgröße der Einspritzzeitpunkt verwendet wird.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 eine an sich schon bekannte Einrichtung zur Erfassung des Druckverlaufs in den Zylindern einer Brennkraftmaschine. Fig. 2 zeigt den gemessenen Druckverlauf über dem Kurbelwellenwinkel  $\alpha$  sowie einen anhand von thermodynamischen Größen berechneten Druckverlauf.

## Beschreibung

In Fig. 1 sind die erfundungswesentlichen Bestandteile einer Vorrichtung zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine durch Auswertung des Brennraumdrucks dargestellt. Bei einer solchen Vorrichtung sind in den Zylindern 10, 11, 12 und 13 der Brennkraftmaschine jeweils Zylinderdrucksensoren 14, 15, 16 und 17 angeordnet, die druckproportionale Ausgangsspannungen U1, U2, U3 und U4 abgeben. Weiterhin ist ein Kurbelwellensensor 18 vorhanden, der ein für den Kurbelwellenwinkel  $\alpha$  charakteristisches Ausgangssignal S1 abgibt.

Sowohl die Ausgangsspannungen der Zylinderdrucksensoren 14, 15, 16 und 17 als auch das Ausgangssignal des Kurbelwellensensors 18 werden dem Steuergerät 19 der Brennkraftmaschine zugeführt, das diese Signale verarbeitet. Über Eingänge 20 können dem Steuergerät weitere Signale, beispielsweise eine Temperatur T, eine Last L usw. zugeführt werden, die im Steuergerät 19 ebenfalls weiter verarbeitet werden können.

Das Steuergerät 19 umfaßt einen Multiplexer 21, über den wahlweise die Ausgangsspannungen der Zylinderdrucksensoren zu einem Analog-Digitalwandler 22 geführt werden. Die Umschaltung des Multiplexers 21 erfolgt Kurbelwellenwinkelabhängig und wird durch entsprechende Ansteuerungen vom Steuergerät 19 ausgelöst. Wird ein mehrkanaliger Analog-Digitalwandler eingesetzt, kann der Multiplexer 21 entfallen. Die eigentliche Auswertung der Signale erfolgt in einem Mikroprozessor 23 des Steuergerätes 19, der über eine Ausgabeeinheit 23a in Abhängigkeit von den ermittelten Größen Steuersignale S2 und S3 an verschiedene Kom-

ponenten der Brennkraftmaschine, beispielsweise Einspritzsignale abgibt.

Im Mikroprozessor 23 des Steuergerätes 19 erfolgt die eigentliche Signalverarbeitung, anhand derer der Spritzbeginn oder die Verbrennungslage ermittelt wird. Dazu wird zunächst das druckproportionale elektrische Spannungssignal, beispielsweise U1 mit dem Kurbelwinkel  $\alpha$  synchronisiert. Danach liegen dem Mikroprozessor 23 kurbelwinkelbezogene Druckwerte P1 ( $\alpha$ ) vor, aus denen der Spritzbeginn errechnet wird und als Istgröße für die bekannte Spritzbeginnregelung, beispielsweise bei einem Dieselmotor zur Verfügung steht. In gleicher Weise werden auch die übrigen Signalempfänge U2, U3 oder U4 ausgewertet. In einer einfachen Version genügt es, nur in einem Zylinder einen Zylinderdrucksensor anzubringen und dessen Ausgangssignale auszuwerten.

Neben den gemessenen Druckverläufen liegen dem Steuergerät in Speichern abgelegte berechnete oder auch von dem Brennraumdrucksensor selbst gemessene Druckverläufe, zum Beispiel während des Schubbetriebs, vor. Die während des Schubbetriebs gemessenen Druckverläufe entsprechen polytropen Druckverläufen. Vorteilhaft ist dann die Berücksichtigung motor-/zyinderspezifischer Eigenschaften. Brennraumdruckverläufe vor. Diese Brennraumdruckverläufe sind insbesondere polytrope Brennraumdruckverläufe, also Brennraumdruckverläufe, die anhand thermodynamischer Überlegungen zylinderspezifisch berechnet werden, wobei die Berechnungen zum Beispiel einmal vor der ersten Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine durchgeführt werden können oder unter vorgebbaren Bedingungen durch Neuberechnungen wieder aktualisiert werden können. Durch Vergleich der gemessenen Brennraumdruckverläufe mit den in Speichern des Steuergerätes 19 abgelegten polytropen Brennraumdruckverläufen ermittelt der Mikroprozessor die Differenzen zwischen einem aktuellen Brennraumdruckverlauf und einem abgelegten polytropen Brennraumdruckverlauf, wobei die Auswertung beispielsweise in einem vorgebbaren Kurbelwellenwinkelintervall von  $-180^\circ\text{Kw}$  bis  $180^\circ\text{Kw}$  erfolgen soll. Die Differenzbildung kann dabei beispielsweise in einem festen Meßraster erfolgen, beispielsweise wird nach jedem Grad Kw eine Differenz gebildet oder es werden Differenzen in festem Zeitraster gebildet. Übersteigt eine so gebildete Differenz einen vorgebbaren Schwellwert, wird davon ausgegangen, daß die Energierücksetzung und damit die Verbrennung gerade begonnen hat. Der dazugehörige Kurbelwellenwinkel, bei dem die Differenz erstmals den Schwellwert überschreitet, repräsentiert die Istlage des Spritzbeginns. Nach der Erkennung des Spritzbeginns kann die Signalerfassung auf Null zurückgesetzt werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung werden die Differenzen zwischen dem gemessenen Brennraumdruckverlauf und einem abgespeicherten polytropen Brennraumdruckverlauf über vorgebbare Kurbelwellenwinkelbereiche auf integriert. Die so erhaltenen Integralwerte werden mit einem weiteren Schwellwert verglichen, bei Erreichen des Schwellwertes wird dann auf Spritzbeginn erkannt. Mit einer solchen Ausgestaltung wird sichergestellt, daß elektrische oder mechanische Störungen der Signale nicht zu einer irrtümlichen Spritzbeginnerkennung führen. Dies wird auch mit einer weiteren Ausgestaltung sichergestellt, bei der die Differenzwerte zwischen dem gemessenen und dem berechneten Brennraumdruckverlauf so lange auf integriert werden, bis der entstandene Integralwert einen vorgebbaren Schwellwert erreicht. Wird dieser Schwellwert erreicht, wird auch Spritzbeginn erkannt. Die so gewonnene Istlage des Spritzbeginns liegt allerdings später als der wahre Spritzbeginn, da sich die Integration über einen gewissen Kurbel-

winkel bzw. einen entsprechenden Zeitraum erstreckt. Bei einer Anwendung dieses Verfahrens muß daher ebenfalls die Sollage des Erreichens des Integralwertes ermittelt werden. Den Zusammenhang zwischen dem ermittelten Spritzbeginn aus der Differenz und aus dem Integral läßt sich der Fig. 2 entnehmen. Im ersten Fall liegt der ermittelte Spritzbeginn bei  $\alpha_{SB}$ . Das Integral I endet jedoch erst bei  $\alpha_f$ . Bei bekanntem Brennraumdruckverlauf läßt sich jedoch aus dem Kurbelwellenwinkel, bei dem das Integral den Schwellwert erreicht, auf den tatsächlichen Spritzbeginn zurückrechnen.

In Fig. 2 ist im übrigen der Brennraumdruck über dem Kurbelwellenwinkel  $\alpha$  aufgetragen, wobei die obere Kurve A einen realen Brennraumdruckverlauf im gefeuerten Betrieb zeigt, während die untere Kurve B einen Brennraumdruckverlauf zeigt, der anhand thermodynamischer Überlegungen unter Berücksichtigung der polytropen Beziehung berechnet wurde und im Steuergerät abgelegt ist.

Für die Regelung der Brennkraftmaschine, beispielsweise eines Dieselmotors kann der ermittelte Kurbelwellenwinkel für den Spritzbeginn  $\alpha_{SB}$  als Istwert dienen. Die Regelung auf den Sollwert erfolgt dann in üblicher Weise unter Berücksichtigung des Istwertes. In einer Abwandlung dieser Regelstrategie wird nicht mehr auf die Soll-Lage des Spritzbeginns geregelt, sondern auf eine Lage der Verbrennung selbst. Letztendlich beeinflußt nicht ein beschränkter Spritzbeginn die Schadstoffemissionen oder den Verbrauch des Motors, sondern die wahre Lage der Verbrennung. Es kann deshalb anstelle des Spritzbeginns auch die Verbrennungslage ermittelt werden. Die Verbrennungslage wird dabei erhalten, indem alle Differenzwerte zwischen dem gemessenen Brennraumdruckverlauf und dem polytropen berechneten und abgespeicherten Druckverlauf auf integriert werden, wobei diese Integration in einem bestimmten Intervall oder über den gesamten Verbrennungszyklus zwischen  $-360^\circ$  und  $+30^\circ\text{Kw}$  erfolgen kann. Aus diesem Integral kann der Verbrennungsschwerpunkt ermittelt werden, der beispielsweise bei 50% des Integralwertes liegt. Dieser Verbrennungsschwerpunkt kann dann bei einer Regelung als Istgröße einer Verbrennungslage genutzt werden. Die Stellgröße ist dabei wider der Einspritzzeit.

Die erläuterten Ausführungsbeispiele der Erfindung lassen sich allgemein bei Brennkraftmaschinen einsetzen, insbesondere gilt dies für Dieselmotoren, bei denen Kraftstoff direkt in den Zylinder eingespritzt wird, zum Beispiel für Brennkraftmaschinen mit Benzindirekteinspritzung. Auch bei herkömmlichen Benzinnmotoren, bei denen der Kraftstoff ins Saugrohr vor den jeweiligen Zylinder eingespritzt wird, läßt sich die Erfindung zur Auswertung des Verbrennungsablaufs anwenden. Beispielsweise kann dabei die Verbrennungslage ermittelt werden.

#### Patentansprüche

- Vorrichtung und Verfahren zur Ermittlung des Spritzbeginns oder der Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Zylinderdrucksensor, der ein druckproportionales Ausgangssignal erzeugt und einem Kurbelwellenwinkelsensor, der ein für die Kurbelwellenstellung repräsentatives Signal abgibt und eine Auswerteeinrichtung, die das druckproportionale Ausgangssignal zum Kurbelwellenwinkel in Bezug setzt, dadurch gekennzeichnet, daß der gemessene Druckverlauf in einem vorgebbaren Kurbelwellenwinkelintervall mit wenigstens einem unter Berücksichtigung von thermodynamischen Zusammenhängen berechneten, in der Auswerteeinrichtung abgespeicherten Druckverlauf verglichen wird und aus

dem Vergleichsergebnis der Spritzbeginn oder die Verbrennungslage erkannt wird, wenn das Vergleichsergebnis einen vorgebbaren Schwellwert erreicht.

2. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Zylinderdrucksensor angeordnet ist und die Ausgangssignale über einen Multiplexer 5 dem Mikroprozessor 23 der Auswerteeinrichtung zugeführt werden, wobei die Auswerteeinrichtung das Steuergerät 19 der Brennkraftmaschine ist.

3. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine ein Dieselmotor ist, bei dem Kraftstoff direkt in den Zylinder eingespritzt wird.

4. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der berechnete und abgespeicherte Druckverlauf unter Berücksichtigung einer polytropen Zustandsänderung ermittelt wird.

5. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz zwischen dem gemessenen Druckverlauf und dem berechneten Druckverlauf über einen vorgebbaren Bereich aufsummiert oder aufintegriert wird und die Summe oder das Integral mit einem vorgebbaren 25 Schwellwert verglichen wird und bei Erreichen des Schwellwertes auf Spritzbeginn erkannt wird.

6. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenz zwischen dem gemessenen Brennraumdruckverlauf und dem berechneten Brennraumdruckverlauf solange aufintegriert wird, bis das Integral einen vorgebbaren 30 Schwellwert erreicht und bei Erreichen des Schwellwertes Aufspritzbeginn erkannt wird.

7. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der ermittelte Spritzbeginn und/oder die ermittelte Verbrennungslage bei der Regelung der Brennkraftmaschine berücksichtigt wird und jeweils als Ist-Wert für 35 die Regelung dient.

8. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf eine Lage der Verbrennung geregelt wird, wobei als Istgröße der Verbrennungsschwerpunkt verwendet wird und als Stellgröße der Einspritzzeitpunkt.

9. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungslage ermittelt wird durch Aufintegrieren aller Differenzen in einem vorgebbaren Kurbelwellenwinkelintervall und als Verbrennungsschwerpunkt die Lage von 50% des 45 Integralwertes gewählt wird.

10. Vorrichtung und Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach erkanntem Spritzbeginn die Signalerfassung auf Null zurückgestellt wird.

55

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

65

**- Leerseite -**

Fig. 1

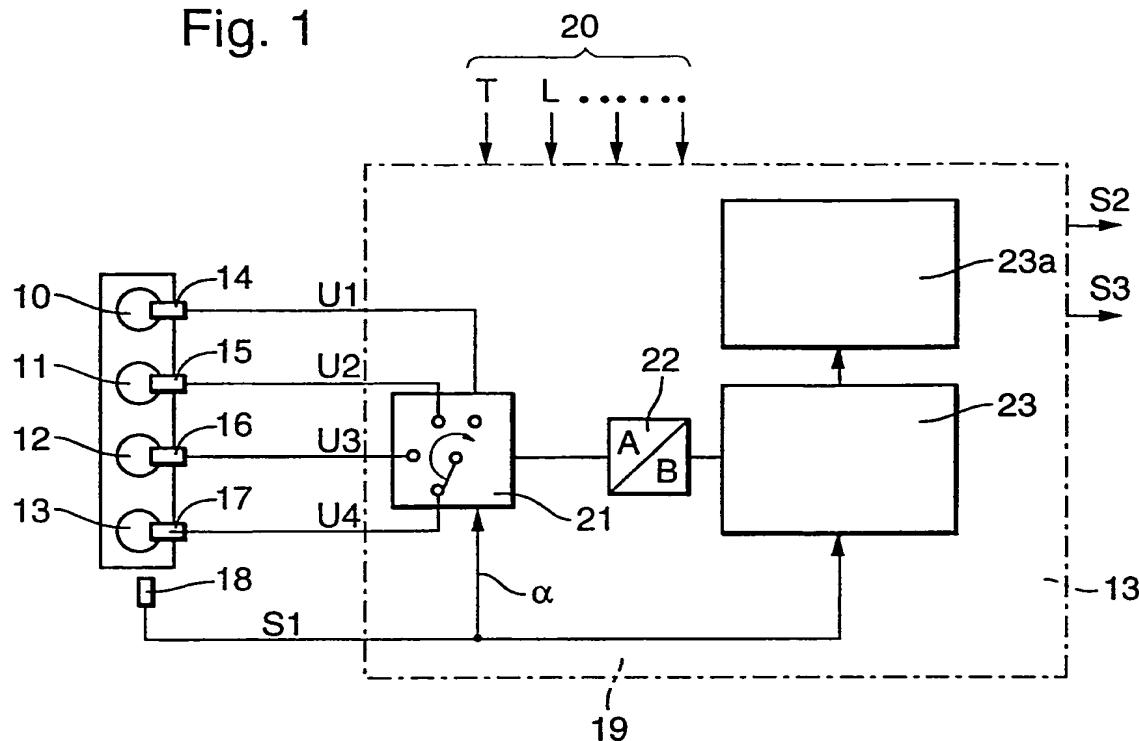


Fig. 2

